

Decomposição da Matéria Orgânica de Compostos de Lixo Urbano e Posterior Preparo de Extratos Nítrico-Perclórico¹

¹ Projeto Financiado pela Fapesp (Processo n.º 96/00987-2).

1 Circular Técnica

Campinas, SP
Dezembro, 2001

Autores

José Carlos Chitolina

Dr. em Solos e Nutrição de Plantas, Prof. Associado Aposentado da ESALQ/USP, Diretor da Escola de Engenharia de Piracicaba - FUMEP, Caixa Postal 9 – 13418-900 – Piracicaba, SP.

Fábio Cesar da Silva

Dr. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, Barão Geraldo – 13083-970 – Campinas, SP.

Mônica Ferreira de Abreu

Dra. em Química, Pesquisadora do Instituto Agronômico, Centro de Solos e Recuperação Agroambientais, Av. Barão de Itapura, 1481 – 13020-902 – Campinas, SP.

**Fernando Munhoz de Souza
Palma**

Eng. Agr., Pós-graduando, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

Janaína Braga do Carmo

Eng.º Agr.º, Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

Introdução

Em um sistema de recomendação de uso agrícola de resíduos sólidos urbanos há uma fase crítica que é a obtenção de resultados de análises confiáveis, exatas e precisas (reprodutíveis).

As pesquisas de uso agrícola de resíduos sólidos não têm utilizado uma abordagem sistêmica na sua maioria e portanto, dificultando a sistematização do conhecimento científico disponível no tema. Utilizando-se o processo sistêmico englobar-se-ia quatro etapas distintas: 1) medida do que aconteceu/acontece, quantificando metais pesados (que já existiam no ambiente), a escolha dos métodos analíticos de extração, de determinação e os erros; 2) reconhecimento do que aconteceu/acontece, interpretando resultados de pesquisa com cuidados básicos e mostrando a potencialidade das fontes de nutrientes e o risco de contaminação; 3) entendimento do que aconteceu/acontece, verificando o que é válido concluir utilizando-se as metodologias de ensaios de incubação resíduo/solo, em vasos e em campo, ou modelos de transferência de metais no sistema e de especiação iônica; e 4) simulação do que acontecerá (previsão), através da modelagem da dinâmica de metais contidos nos resíduos sólidos adicionados aos agrossistemas. Nesta Circular, aborda-se a primeira etapa, isto é, a medição dos elementos químicos nas amostras de compostos de lixo.



Foto: Ronaldo S. Berton

Mostra das leiras antes e após compostagem do lixo urbano.

A obtenção de resultados confiáveis no laboratório inicia-se com a adequada “abertura” das amostras para as posteriores determinações analíticas. No caso de compostos de lixo urbano, onde pretende-se analisar, principalmente, elementos metálicos torna-se fundamental a adequada retirada da fração orgânica.

Em princípio, a eliminação da matéria orgânica desses resíduos pode ser efetuada por dois caminhos de oxidação: aquecimento a 550°C (Egreja Filho, 1993) ou a 750°C (Ayuso et al., 1996) e usando-se água oxigenada (H_2O_2). Ocorre que a remoção da fração orgânica por aquecimento, que é amplamente utilizada pela facilidade operacional, pode eliminar compostos voláteis inorgânicos e, dessa forma, conduzir a erros que refletiriam em diferenças nos resultados. Entretanto, isto não deve acontecer se a matéria orgânica dos compostos for eliminada através de H_2O_2 .

Para facilitar o entendimento, são apresentados os resultados de matéria orgânica obtidos de amostras de compostos de lixo urbano de duas Usinas de compostagem da Grande São Paulo, usando-se os dois procedimentos (aquecimento e H_2O_2) de eliminação da fração orgânica, bem como os resultados para alguns macro e microelementos, usando-se digestão nítrico-perclórica.

A digestão nítrico-perclórica visa solubilizar totalmente uma amostra sólida. Todavia, no caso dos compostos de lixo urbano, podem sobrar alguns materiais insolúveis no final da digestão, como por exemplo, a sílica. Tal fato poderia ser solucionado pelo uso de ácido fluorídrico (HF), cuja finalidade é dissolver silicatos e, dessa forma, liberar elementos que possam estar presentes nessa fração. Entretanto, o uso de HF causa danos no funcionamento dos espectrofotômetros de emissão de plasma, além de ser bastante corrosivo e de difícil manuseio, o que torna importante não se usar tal ácido.

No final desta Circular, são descritos os procedimentos técnicos recomendados pelos autores para a “abertura” de amostras de compostos de lixo urbano para as posteriores determinações analíticas de alguns elementos, que estão de acordo com a metodologia de apresentação analítica do Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes (Silva, 1999).

Pré-digestão de Amostras de Compostos

As pré-digestões testadas nas amostras de compostos de lixo para a eliminação de matéria orgânica foram: (a) reação com peróxido de hidrogênio e (b) aquecimento em mufla à 550°C:

- **Técnica do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 30%** - as amostras são colocadas em cápsulas de porcelana, sofrem ataque de peróxido de hidrogênio, com adição gradual de 10 mL por vez, aguardando a reação tornar-se branda para, novamente, adicionar o mesmo volume e assim por diante. Ao final, cada cápsula recebe 100 a 130 mL de peróxido de hidrogênio, quantia suficiente para se eliminar a matéria orgânica;
- **Técnica de aquecimento em mufla a 550°C** - as amostras são colocadas em cadinhos de porcelana, sofrem aquecimento em mufla a 550°C por três horas, com posterior secagem em dissecador e medições antes e depois por pesagens dos cadinhos.

Desempenhos dos Pré-tratamentos de Amostras: Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) Versus Aquecimento em Mufla a 550°C

Pelos dados da Tabela 1, verifica-se que os métodos apresentam boa precisão, pois os intervalos entre o maior e o menor resultado de cada amostra analisada na mesma época e usina em triplicata (três repetições) foram bastante próximas. Além disso, o coeficiente de variação dos dados do ensaio foram relativamente baixos, ou seja, na ordem de 7,8%.

A análise estatística revelou que o teor de matéria orgânica médio para as duas usinas de compostagem foi maior, quando se empregou o aquecimento a 550°C (69,27%), em comparação a H_2O_2 a 30% (55,39%), a 1% de probabilidade no teste F. Isto é indicativo que outras substâncias estariam se volatilizando, além da matéria orgânica. Por essa razão, optou-se pela utilização da metodologia de tratamento prévio com água oxigenada (H_2O_2), pois, a eliminação de substâncias é, praticamente, apenas de material orgânico.

Os resultados de remoção de material orgânico obtidos nas duas usinas de compostagem da Grande São Paulo (Usina de Santo André – Usina A e Usina de São Mateus – Usina B) são comparáveis aos da literatura com valo-

res de 51 a 70% (Egreja Filho, 1993). Entretanto, foram mais elevados que os obtidos por outros autores (Peres, 1993; Ayuso et al., 1996; Cravo et al., 1995), que encontraram valores variando de 9 a 30%.

Outro aspecto a se comentar, é que a Usina A apresentou sistematicamente teores de matéria orgânica mais elevados em comparação à Usina B, o que é independente do método de eliminação dessa fração orgânica (Tabela 1). Tal fato poderia ser atribuído às diferenças nos tipos de lixo, recebendo a segunda unidade maior concentração de materiais inorgânicos (restos de construção, por exemplo), pois o processo tecnológico de bioestabilização usado é o mesmo para ambas as usinas de compostagem (Processo DANO).

Digestão Nítrico-perclórica de Compostos de Lixo Urbano

Posteriormente à eliminação da matéria orgânica dos compostos de lixo urbano pela adição de H_2O_2 , procedeu-se à digestão (solubilização) dos compostos pelo uso de ácidos nítrico (HNO_3) e perclórico ($HClO_4$), que foi adaptada de He et al. (1995). A argumentação científica para o citado método é que a digestão com $HNO_3/HClO_4$ mineraliza, praticamente, o total dos metais presentes nos compostos, pois esta mistura digestora, além de oxidar totalmente a matéria orgânica, também solubiliza compostos inorgânicos insolúveis, tais como, carbonatos, sulfetos, fosfatos e outros que poderiam

Tabela 1. Eliminação prévia da matéria orgânica para digestão nítrico-perclórica em oito amostras (triplicatas) de compostos de lixo das Usinas de Santo André e São Mateus, através de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e em aquecimento em mufla a 550°C.

Usina	N.º das amostras	Pré-tratamento	
		H ₂ O ₂ a 30%	Mufla a 550°C
———— matéria orgânica % composto ————			
Santo André (A)	1	59,4 – 60,6	72,2 – 73,6
	2	60,6 – 60,8	75,6 – 76,4
	3	62,6 – 63,6	70,6 – 73,4
	4	59,6 – 62,6	73,6 – 74,6
	5	62,8 – 65,4	76,8 – 78,2
	6	69,6 – 70,6	67,0 – 68,4
	7	66,6 – 67,4	73,0 – 73,4
	8	59,4 – 61,6	75,0 – 78,2
	Média	63,3 Bb	73,9Aa
São Mateus (B)	1	39,0 – 41,8	53,4 – 54,4
	2	28,4 – 30,0	68,6 – 69,8
	3	47,4 – 48,4	60,8 – 61,2
	4	47,8 – 48,8	63,6 – 64,8
	5	50,4 – 51,6	66,0 – 67,2
	6	49,8 – 56,2	66,8 – 67,8
	7	55,8 – 57,6	67,6 – 71,0
	8	51,0 – 56,6	64,2 – 60,0
	Média	47,5Bb	64,7Aa
Média Geral	55,39B	69,27A	

Fonte: Relatório Científico Fapesp (Processo no. 96/00987-2).

Médias seguidas por letras distintas diferem estatisticamente a 1% de probabilidade, no teste F.D.M.S. 1% = 3,71 e CV = 7,817%.

estar presentes nos compostos. Todavia, esta digestão não solubiliza metais precipitados ou ocluídos em silicatos, mas tais formas não ofereceriam risco de contaminação ambiental (Matthews, 1984) e a fração é baixa em comparação à orgânica, sendo composta, predominantemente por vidros triturados.

As modificações propostas nesta Circular pelos autores para o preparo de extratos nítrico-perclórico durante a digestão, em comparação com a marcha descrita em He et al. (1995), refere-se ao uso de 0,5 g de composto de lixo ao invés de 0,60g, 8 mL de HNO_3 concentrado ao invés de 6 mL e 5mL de HClO_4 concentrado ao invés de 3 mL. Essa modificação mostrou-se mais adequada em tempo de digestão, o que foi demonstrado por testes laboratoriais preliminares.

Resultados Analíticos de Compostos de Lixo Usando-se a Técnica de Eliminação da Fração Orgânica e a Digestão Nítrico-perclórica Propostas

São apresentados nas Tabelas 2 e 3, os resultados analíticos obtidos para alguns elementos contidos nos compostos de lixo usando-se as metodologias propostas nesta Circular Técnica. Na Tabela 2 encontram-se os resultados de elementos presentes nos compostos em maiores quantidades (macroelementos), cuja concentração é expressa em g.kg^{-1} , e que são P, K, Ca, Mg, Fe, Al e Na. Na Tabela 3, en-

Tabela 2. Teores totais de macroelementos em extratos nítrico-perclórica em oito amostras (triplicatas) de compostos de lixo das Usinas de Santo André e de São Mateus, com pré-tratamento com peróxido de hidrogênio (H_2O_2).

Usina	N.º da amostra	Concentração do macroelemento						
		P	K	Ca	Mg	Fe	Al	Na
		g.kg ⁻¹ MS						
Santo André	1	7,6-8,5	13,4-16,4	45,7-46,2	5,0-5,4	23,6-27,4	20,9-21,6	13,8-16,2
	2	8,0-9,2	12,6-15,4	46,6-48,8	5,3-5,7	26,0-27,9	21,5-22,9	13,4-16,0
	3	9,9-10,5	13,0-15,2	50,7-51,8	6,2-6,3	28,6-33,4	22,2-23,7	14,0-16,2
	4	10,0-10,6	13,4-14,4	46,2-48,2	4,8-5,6	30,0-32,9	22,0-24,0	13,8-14,8
	5	11,2-11,5	14,4-16,8	56,3-57,9	5,8-6,2	31,6-32,2	23,2-24,6	15,4-16,8
	6	11,6-12,0	9,6-11,4	60,1-61,6	5,6-6,5	30,6-32,5	21,3-23,2	8,8-11,6
	7	11,1-11,8	12,6-14,2	52,6-55,5	6,1-6,2	32,9-35,7	22,5-23,8	13,8-16,0
	8	10,3-11,5	14,0-15,6	52,4-58,3	6,0-6,5	30,0-32,6	22,2-24,3	14,8-16,0
	Média	10,31	13,99	52,06	5,85	30,46	22,77	14,59
São Mateus	1	5,3-5,6	8,6-9,8	35,1-37,3	3,2-3,7	20,7-23,3	13,2-16,2	8,4-10,2
	2	4,8-5,0	10,2-10,6	40,6-42,2	4,4-4,5	21,1-23,0	17,6-18,1	9,4-10,0
	3	5,0-5,6	7,2-9,0	35,6-40,9	3,5-4,1	22,3-26,1	16,5-18,3	6,6-8,6
	4	6,8-7,1	9,4-12,8	41,6-43,9	3,6-4,7	22,4-23,2	17,8-20,7	9,8-10,4
	5	5,4-6,8	7,8-12,2	14,6-18,9	2,9-4,3	21,8-26,4	14,6-18,9	7,6-12,6
	6	4,8-5,7	6,8-9,6	33,6-39,8	3,2-3,8	18,3-19,4	13,5-16,4	6,4-9,6
	7	5,5-6,1	6,4-9,4	35,6-39,6	2,7-3,6	20,4-21,7	14,7-16,6	6,8-9,8
	8	4,6-5,1	7,6-8,6	30,8-32,4	2,8-3,2	18,4-19,2	11,6-12,6	8,0-9,2
	Média	5,60	10,12	38,08	3,62	23,84	16,18	9,16

Fonte: Financiado pela Fapesp (Processo n.º 96/00987-2).

contram-se os resultados dos elementos presentes em menores quantidades (microelementos), cuja concentração é expressa em mg.kg^{-1} , e que são Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn.

As análises dos elementos presentes nos extratos nítrico-perclórico foram feitas por espectrofotometria de plasma induzido em argônio (ICP-AES) e os comprimentos de ondas (nm) respectivos foram: Al (308,215), Ca (317,933), Cd (228,802), Cr (267,716), Cu (324,754), Fe (259,940), Mg (279,940), Mn (257,610), Ni (231,604), P (178,225), Pb (220,353) e Zn (213,854).

Na Tabela 3, observa-se que as amostras de composto de lixo produzido na Usina A apresentaram maiores concentrações médias de B, Cr, Cu, Mn, Pb. As amostras da Usina B apresentam teores médios mais elevados de Ni e Zn, o que pode indicar um certo grau de contaminação de seu composto por pilhas.

Um outro aspecto evidente é a variabilidade dentro das amostras de Cu e Pb da Usina A e de Cd, Cu, Mn, Ni e Pb em algumas amostras da Usina B.

Tabela 3. Teores totais de microelementos em extratos nítrico-perclórica em oito amostras (triplicatas) de compostos de lixo crus das Usinas de Santo André e de São Mateus, com pré-tratamento com peróxido de hidrogênio (H_2O_2).

Usina	N.º da amostra	Concentração do microelemento						
		Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
		mg.kg ⁻¹ MS						
Santo André	1	4,6-6,2	199-238	180-398	335-391	68-79	152-187	593-702
	2	5,4-5,9	210-246	227-249	364-425	76-113	164-168	630-675
	3	5,4-7,2	171-210	293-326	364-413	66-98	194-246	762-810
	4	6,1-7,4	242-287	199-421	380-430	106-131	208- 215	623 -709
	5	8,8-10,5	253-255	266-348	400-421	119-128	202-214	765-807
	6	7,7-8,3	338-353	262-302	434-441	156-185	250-445	864-930
	7	7,7-8,3	359-475	360-427	417-437	163-175	251-318	1019-1059
	8	5,9-8,3	268-306	235-278	376-412	108-122	248-251	727-815
	Média	7,13	274,91	292,19	402,72	117,16	229,72	229,72
São Mateus	1	3,9-10,4	108-123	107-122	237-457	46-1299	117-166	365-436
	2	3,1-4,3	243-259	154-317	304-324	104-276	147-236	429-492
	3	4,7-5,3	130-185	194-701	292-307	83-378	149-230	478-430
	4	3,5-4,3	167-196	143-246	311-398	645-1524	131-274	467-532
	5	3,0-4,5	172-240	230-328	276-350	65-77	150-254	461-604
	6	2,5-3,5	183-214	194-242	238-271	69-229	137-141	421-503
	7	3,5-4,0	271-318	177-268	266-302	123-125	197-214	466-514
	8	2,5-4,0	141-159	155-210	240-301	49-68	117-224	375-437
	Média	4,15	193,60	226,84	300,89	284,37	180,12	472,93

De um modo geral, os valores médios dos elementos encontrados nas amostras das duas usinas foram compatíveis aos observados na literatura nacional (Berton & Valadares, 1991; Egreja Filho, 1993; Cravo et al., 1995) e internacional (He et al., 1995; Ayuso et al., 1996).

Metodologia Padronizada por Silva (1999), Recomendada pela Embrapa

Preparo da amostra de composto

- A amostra de composto úmido deve ser inicialmente homogeneizada sobre a lona de plástico, previamente lavada e seca.
- Após a homogeneização deixa-se a amostra secar na própria lona. Em seguida, passar o composto por peneira de 4 mm de malha e proceder-se uma nova homogeneização.
- Armazenar em congelador a -4°C até o momento da digestão, secar novamente a amostra em estufa com circulação de ar forçada a 60°C , até peso constante.
- Retirar uma parte da amostra e moer em moinho Wiley, utilizando-se peneira 30.

Pré-digestão da amostra de composto utilizando-se água oxigenada (H_2O_2) a 30%

Princípio:

- Fundamenta-se na oxidação do carbono da matéria orgânica por H_2O_2 a 30%, a qual atua como agente oxidante.

Reagentes:

- Água oxigenada.

Equipamentos (utensílios):

- Cadinho de porcelana.
- Proveta de 20 mL.

Procedimento:

- Pesar uma cápsula de porcelana devidamente seca (P_1).
- A partir de composto seco e moído, pesar 5,0000 g e transferir para a cápsula de porcelana.
- Adicionar, usando-se proveta, 10 mL de H_2O_2 a 30% e aguardar a reação tornar-se branda para novamente adicionar mais 10 mL e assim por diante, até observar-se ausência de borbulhamento. Utilizando-se, aproximadamente, 80 a 120 mL de H_2O_2 no processo total.

Foto: Ronaldo S. Berton



Vista geral de uma unidade de compostagem de lixo urbano.

- Levar a cápsula para um banho de areia, previamente aquecida a 70-80°C para a evaporação da fase líquida ainda presente, sobrando o resíduo no fundo da cápsula.
- Retirar a cápsula do banho de areia, esperar esfriar e pesar (P_2).
- Cálculos:
 P_1 = peso da cápsula de porcelana;
 P_2 = peso da cápsula + peso do resíduo;
 % Matéria Orgânica = $100 \times [5 - (P_2 - P_1)] / 5$.

Vantagens e desvantagens

As principais vantagens do método são:

- a. Oxida, praticamente apenas material orgânico.
- b. Dispensa a mufla.

A desvantagem do método é o tempo de oxidação da matéria orgânica (± 2 dias).

Digestão Nítrico-perclórica do Composto

Princípio:

- Fundamenta-se na oxidação do carbono da matéria orgânica, se ainda existir na amostra de composto, e solubilização de compostos inorgânicos insolúveis, tais como carbonatos, sulfetos, fosfatos e outros presentes nos materiais.

Reagentes:

- Ácido nítrico (HNO_3) concentrado ($T = 65\%$) p.a.
- Ácido perclórico (HClO_4) concentrado ($T = 72\%$) p.a.

Equipamentos (utensílios):

- Bloco digestor para 40 tubos ou placa aquecedora, ambos com controle de temperatura.
- Tubo digestor de 80 mL ou balão de kjeldahl de 100 mL.

Procedimentos:

- Com auxílio de um pistilo pequeno, desestruturar o resíduo sólido presente na cápsula de porcelana e homogeneizar.
- Pesar 0,5000g de resíduo e transferir para o tubo digestor de 80 mL (ou balão de kjeldahl de 100 mL).
- Adicionar 8 mL de ácido nítrico concentrado e colocar em bloco digestor (ou placa aquecedora).
- Aquecer a 180°C até cessar o desprendimento do vapor castanho de NO_2 e esperar até o volume reduzir-se a, aproximadamente, 1 a 2 mL.

- Esperar esfriar, adicionar 5 mL de ácido perclórico concentrado.
- Reiniciar o aquecimento até 200°C, esperando-se o volume se reduzir a metade e a solução adquirir uma leve coloração verde, ou seja, até o desaparecimento da tonalidade escura do material.
- Esperar esfriar e filtrar através do papel de filtro, recolhendo-se o extrato em balão volumétrico de 100 mL, completando-se o volume com água bidestilada e homogeneizando a solução.
- É possível determinar Al, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S e Zn no extrato digerido.

Limitações do Método:

- Tempo prolongado de digestão (2 a 4 horas).
- Desprendimento de gases tóxicos.
- Necessidade de capela e bloco digestor.

Referências Bibliográficas

- ABREU, M. H. F.; BERTON, R. S.; ANDRADE, J. C. Comparison of methods to evaluate heavy metal in organic wastes. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 27, n. 5/8, p. 1125-1135, 1996.
- AYUSO, M.; PASCUAL, J. A.; GARCIA, C.; HERNANDEZ, T. Evaluation of urban wastes for agricultural use. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 42, n. 1, p. 105-111, 1996.
- BERTON, R. S.; VALADARES, J. M. A. S. Potencial agrícola do composto de lixo urbano no Estado de São Paulo. **O Agrônomo**: Boletim Técnico-Informativo do Instituto Agrônomo, Campinas, v. 43, n. 2/3, p. 87-93, 1991.
- BOAVENTURA, G. R. Performance do espectrômetro de emissão com plasma (ICP), espectroflame FVMO3, para determinação de 20 elementos químicos nas amostras de referência geoquímica DNC-1, W-2, UNB B-1 e UNB G-1. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 3., São Paulo, 1991. **Anais...** São Paulo: SBGq, 1991. v. 2, p. 423-426.
- CRAVO, M. da S.; MURAOKA, T.; GINÉ, M. F. Caracterização química do composto de lixo urbano de algumas usinas brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**: - resumos expandidos. Viçosa: SBGq/UFV, 1995. p. 2298-2300.

EGREJA FILHO, F. B. **Avaliação da ocorrência e distribuição química de metais pesados na compostagem de lixo domiciliar urbano**. 1993. 174 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

HE, X. T.; LOGAN, T. J.; TRAINA, S. J. Physical and chemical characteristics of selected U.S. municipal solid waste composts. **Journal of Environmental Quality**, v. 24, p. 543–552, 1995.

MATTHEWS, P. J. Control of metal application rates from sewage sludge utilization in agriculture. **Critical Reviews in Environmental Control**, v. 14, n. 3, p. 199–250, 1984.

PERES, C. S. **Avaliação técnico-econômica da produção de composto de lixo**. [São Paulo: Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo], 1993. 46 p. Relatório técnico parcial n. 31369/93 apresentado à Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo.

SILVA, F. C. da (Org.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.

Circular Técnica, 1

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO



Embrapa Informática Agropecuária Área de Comunicação e Negócios

Av. Dr. André Tosello s/nº
Cidade Universitária - "Zeferino Vaz"
Barão Geraldo - Caixa Postal 6041
13083-970 - Campinas, SP
Telefone/Fax: (19) 3789-5743
E-mail: sac@cnptia.embrapa.br

1ª edição

© Embrapa 2001

Comitê de Publicações

Presidente: Francisco Xavier Hemerly
Membros efetivos: Amarindo Fausto Soares, Ivanilde Dispatto, Marcia Izabel Fugisawa Souza, José Ruy Porto de Carvalho, Suzilei Almeida Carneiro
Suplentes: Fábio Cesar da Silva, João Francisco Gonçalves Antunes, Luciana Alvim Santos Romani, Maria Angélica de Andrade Leite, Moacir Pedrosa Júnior

Expediente

Supervisor editorial: Ivanilde Dispatto
Normalização bibliográfica: Marcia Izabel Fugisawa Souza
Capa: Intermídia Publicações Científicas
Editoração Eletrônica: Intermídia Publicações Científicas